

Arquitectura de un sistema de recomendación semántico sensible al contexto para entornos tipo campus

Nimrod González Franco
Hugo Omar Alejandres Sánchez
Juan Gabriel González Serna

Este trabajo presenta una arquitectura para sistemas de recomendación semánticos sensibles al contexto que sean implementados en entornos organizacionales. Con el objetivo de validar su utilidad, se describe el uso de la arquitectura en el desarrollo del sistema Find-It!, en el cual se consideran factores contextuales para recomendar personas, objetos de conocimiento, lugares, actividades, eventos, recursos tecnológicos y servicios a los visitantes de un centro de investigación. Para filtrar los ítems recomendables, de acuerdo a una situación específica, la arquitectura define un módulo de inferencia que considera diferentes dimensiones contextuales modeladas en una ontología, el grado de novedad de los ítems, la percepción de las recomendaciones por parte de los usuarios y las condiciones contextuales en que estas fueron recomendadas en ejecuciones previas. También se define una interfaz cliente móvil adaptable a las características del usuario y de su dispositivo, sobre la cual se ejecutan mecanismos implícitos y explícitos para identificar el grado de satisfacción con respecto a las recomendaciones recibidas y la calidad de las mismas. La experiencia obtenida en el desarrollo de Find-It! indica que tiene un desempeño satisfactorio, por lo que se considera adecuado continuar implementando la arquitectura propuesta en el desarrollo de otros sistemas de recomendación organizacionales.

Palabras clave: sistema de recomendación, sensibilidad al contexto, modelado organizacional semántico, ontologías multidimensionales, computación móvil.

RESUMEN

ABSTRACT

This paper presents an architecture for semantic context-aware recommender systems intended to be implemented on organizational settings. We described the use of this architecture in the development of the Find-It! project to validate its utility. The Find-It! project consider contextual factors to recommend people, knowledge objects, places, activities, events, technological resources and services to the visitors of an organization. The architecture defines an inference module to filter the items subject of recommendation by using different contextual dimensions that are modeled in a single ontologies, the novelty of an item, users' perception of recommendations and contextual conditions considered when they were recommended in previous visits. We also defined a mobile client interface capable to adapt to the user characteristics and device. This client interface counts with implicit and explicit mechanisms to identify the user satisfaction degree with the recommendations received and its quality. Experience obtained with the development of the Find-It! project shows a satisfactory performance. In this way, it is adequately considered to use the architecture to develop a wide range of organizational recommender systems.

Keywords: recommender system, context awareness, semantic organizational modeling, multidimensional ontologies, mobile computing.

Introducción

Tradicionalmente los sistemas de recomendación semánticos sensibles al contexto (SRSSC) que ofrecen recomendaciones en ambientes organizacionales se basan en el modelado de los usuarios y del contexto organizacional considerando múltiples características, sin embargo, por lo regular enfocan sus recomendaciones en aspectos específicos de las organizaciones, como sus miembros (Reichling, 2009) (Ackerman, 2007) (Aimeur, 2007), los documentos (Krüger, 2005) (Gipp, 2009) que manejan, eventos (Masli, 2011) (Geyer, 2011) en los que se involucran, los servicios (Costa, 2007)) que ofrecen o relaciones estratégicas con otras organizaciones (Reichling, 2008), por ejemplo. En este trabajo se presenta la arquitectura de un SRSSC para dispositivos móviles que considera distintas dimensiones contextuales en tiempo real para manejar múltiples dominios de recomendación simultáneamente.

Una parte esencial de nuestro trabajo es el modelo semántico que proponemos, el cual fue diseñado siguiendo la tendencia de emplear redes de ontologías para modelar toda la información que es procesada por el sistema de recomendación organizacional (Bouzeghoub, 2009) (Cadenas, 2009) (Sousa, 2009), de tal manera que incluimos módulos ontológicos para cada dimensión contextual y los elementos organizacionales, es decir, los distintos ítems que podrán ser recomendados. Además, retomamos conceptos presentes en trabajos previos sobre la extracción de información contextual de distintas fuentes (Woerndl, 2009) (Rasanen, 2009) (Liiv, 2009) (Zubizarreta, 2009), por lo que el monitoreo de dimensiones contextuales nos permite conocer la situación específica de un usuario determinado durante la ejecución del sistema.

Dicho modelo semántico considera a los usuarios y su comportamiento, creando las bases para que las interfaces en el cliente puedan adaptarse a las preferencias de un usuario en tiempo de ejecución. Además, durante la interacción, el mismo cliente permite recabar información de utilidad para la identificación de los patrones de comportamiento y manejo de historiales. Nuestra arquitectura, ha sido implementada en el sistema Find-It!, un SRSSC que tiene por objetivo guiar a las personas que visitan por primera vez los campus

del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET, México).

Materiales y métodos

Los módulos de la arquitectura que se muestran en la Figura 1 están orientados, por una parte, a la generación de recomendaciones y el entorno de operación de un SRSSC organizacional, y por otro lado, a la interacción de los usuarios con el sistema de recomendación.

La forma en que dichos módulos se interconectan está relacionada con el proceso de inferencia y la interacción con las recomendaciones por parte de un usuario, teniendo que a partir del modelo semántico se define una Base de Hechos Ontológica (BHO) que almacena información en forma de instancias, sobre las cuales el Módulo de Inferencia (MI) aplica un conjunto de reglas deductivas, almacenadas en la Base de Conocimientos Ontológica (BCO), las cuales se enfocan en la identificación de ítems cercanos al usuario que le resulten de interés y que sean factibles de recomendar de acuerdo a la situación, es decir, al estado de las dimensiones contextuales al momento de efectuar la recomendación.

La cercanía es calculada a partir de un monitoreo ejercido por el Módulo de

Localización (ML), el cual produce datos sobre de la ubicación de los usuarios y los ítems que se asocian a mapas vectoriales de las instalaciones, los cuales son almacenados en el Repositorio de Mapas SVG (RP-SVG). La GUI Adaptable recibe las recomendaciones generadas por el MI y las muestra al usuario de tal forma que su interacción con ellas permite conocer el nivel de satisfacción que le producen. Finalmente, el Módulo de Identificación del Comportamiento del Usuario (MICU) combina la información sobre la interacción con la información contextual para almacenar la percepción contextualizada en un recurso no ontológico llamado Historial de Recomendación (HR). Los módulos propuestos se describen en los apartados siguientes.

Base de Hechos Ontológica

Uno de los objetivos de este trabajo es proporcionar un modelo de conocimiento que sea explotable por otras aplicaciones semánticas desarrolladas para ambientes organizacionales. Es por esta razón, y considerando que «el contexto es un espacio multidimensional donde cada dimensión es representada por una ontología específica» (Bouzeghoub, 2009), que nuestro modelo semántico incorpora varios recursos ontológicos y no ontológicos que han sido transformados

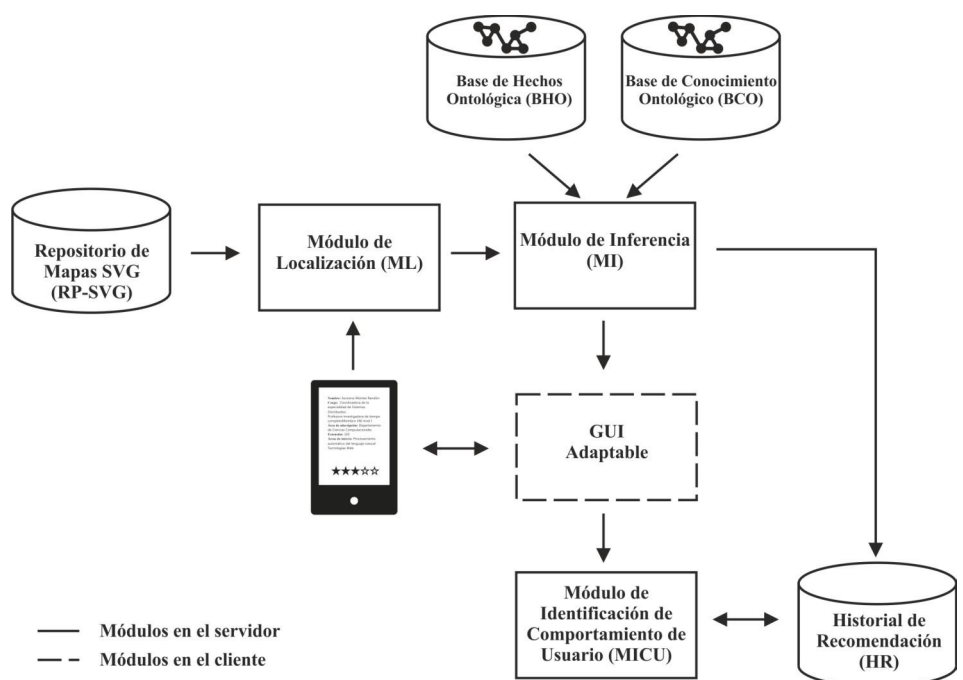


Figura 1. Arquitectura del sistema de recomendación semántico sensible al contexto

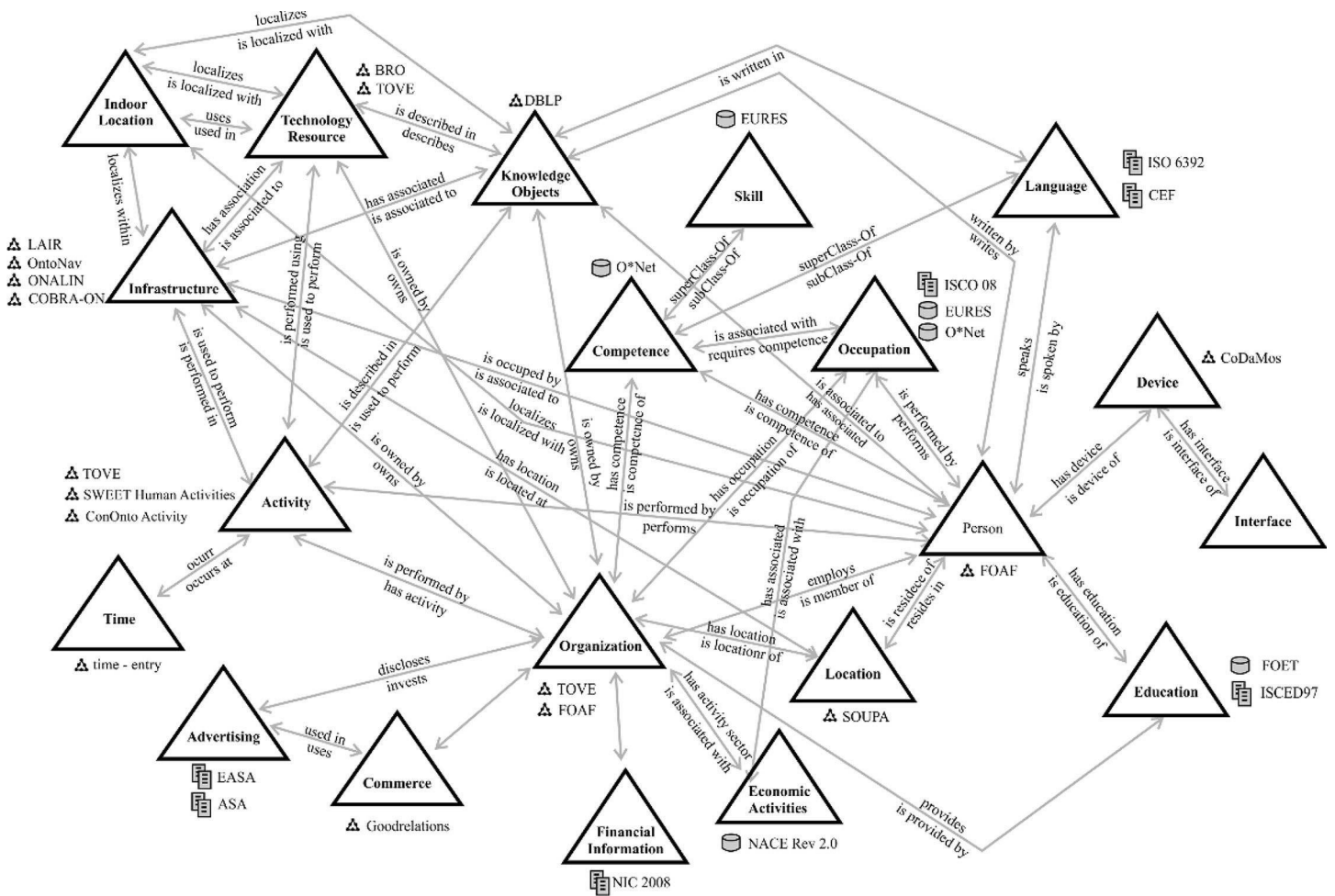


Figura 2. Ontología de Memoria Organizacional (OMO)

en módulos ontológicos independientes (ontologías más pequeñas), mediante los cuales se modelan distintos aspectos de una organización y de las dimensiones contextuales a considerar por un SRSSC.

Estos módulos son interconectados entre sí por una gama de relaciones definidas de manera independiente, formando una red de ontologías escrita en OWL llamada Ontología de Memoria Organizacional (OMO), mostrada en la Figura 2 y que se compone de las siguientes ontologías: Activity ontology, Advertising ontology, Commerce ontology, Competence ontology, Device ontology, Economic Activities ontology, Education ontology, Indoor Location ontology, Infrastructure ontology, Interface ontology, Knowledge Objects ontology, Language ontology, Location ontology, Organization ontology, Skill ontology, Time ontology, Technology Resources ontology, Person ontology. La OMO ha sido desarrollada reutilizando y adaptando varios módulos ontológicos de la red de ontologías OrEON (González-

Franco, 2014) y a su vez, ha contribuido al modelado de la Transferencia de Tecnología y Conocimiento seguido en el desarrollo de la red de ontologías ROTTyC (Alejandres-Sánchez, 2014).

Las instancias de la OMO pueden ser obtenidas a partir de fuentes heterogéneas existentes en una organización (tales como Bases de Datos, archivos XML, hojas de cálculo o documentos de texto plano), además, se puede realizar un poblado semiautomático de la OMO o algunos de sus módulos empleando tecnologías como NOR2OR (Villazón-Terrazas, 2010), R2O (Barrasa, 2004) o PANKOW (Cimiano, 2004), OntoSyphon (McDowell, 2006), Embley (Embley, 2004) o iDocument (Adrian, 2009). La estructura en la que se va a almacenar la representación de conocimiento contenida en la OMO y sus instancias, es decir, la información que es tomada como entrada durante el proceso de recomendación, corresponde al elemento de la arquitectura llamado Base de Hechos Ontológica (BHO).

Base de Conocimientos Ontológica

Además de la información contenida en la BHO, es necesario contar con una representación formal de la forma en que su contenido debe ser procesado para inferir recomendaciones adecuadas para cada usuario. Esta representación consiste en un conjunto de reglas deductivas, las cuales, según nuestra propuesta, son definidas en base en el modelo semántico de la OMO. Considerando los módulos ontológicos enunciados en el apartado anterior, se tienen los elementos necesarios para efectuar procesos de inferencia de acuerdo a las siguientes características: cercanía a los usuarios, disponibilidad de los ítems, información temporal, dispositivos de los usuarios y uso potencial de los ítems. La estructura en la que se almacenan estas reglas de tal forma que sean legibles por el sistema corresponde al componente de la arquitectura llamado Base de Conocimientos Ontológica.

A pesar de que las reglas de inferencia

pueden ser incorporadas directamente en una ontología, nosotros proponemos manejarlas de manera independiente con el objetivo de facilitar a los administradores del sistema la edición y modificación de las mismas, para lo cual proponemos un sistema de reglas base con 97 enunciados lógicos escritos en el lenguaje SWRL. El sistema de reglas considera características primordiales bajo las cuales se agrupa la totalidad de las reglas. Entre estas características se encuentran:

- Cercanía a los usuarios: el modelo permite explotar información espacial en distintos niveles y bajo diversas apreciaciones, lo cual se logra al considerar la localización de los elementos modelados, ya sea mediante coordenadas geográficas usando el sistema clásico de latitud y longitud para ambientes urbanos, o bien, identificando su posición en un punto específico de las instalaciones de una organización, mediante un sistema de coordenadas cartesianas para ambientes de tipo campus. Ejemplo: “ Se buscan las instalaciones especializadas asociadas a los temas de interés del usuario y posteriormente se identifica cuales están cerca de su punto de llegada. Finalmente, aquellos que puedan ser usados en ese momento son ofrecidos al usuario”.

→ **arrivedTo(?user, ?place)**

human_activities:KnowledgeDomain(?knowledgeField) ^ is_interested_in(?user,

?knowledgeField) ^ resource:is Associated ToKnowledgeDomain (?funtionalPlace,

?knowledgeField) ^ infraestructura:Place(?funtionalPlace) →

is RecommendableFor (?funtionalPlace, ?user)

arrivedTo(?user, ?place) ^ instanceOf(?funtionalPlace, ?organizacion) ^

resource:is_associated_to(?funtionalPlace, ?place) ^

isRecommendableFor(?funtionalPlace, ?user) → isNearOf(?funtionalPlace, ?user)

isNearOf(?funtionalPlace, ?user) ^ can BeUsedAt(?funtionalPlace, ?time) →

offerTo(?funtionalPlace, ?user)

- Disponibilidad de los ítems: con el modelo planteado, se pueden definir reglas de inferencia que exploten políticas internas de una organización para definir la accesibilidad de un ítem, ya sea en base a restricciones de acceso para distintos tipos de usuarios, funcionamiento interno de acuerdo a distintos momentos temporales o el estatus de los ítems dentro de un flujo de trabajo, entre otras. Ejemplo: “ Se buscan las instalaciones especializadas asociadas a temas de interés del usuario y posteriormente se identifica cuales están cerca de su punto de llegada. Finalmente, aquellos que puedan ser usados en ese momento son ofrecidos al usuario”.

→ **human_activities:belongsToHumanCategory(?user, ?humanCategory)**

human_activities:HumanCategory(?humanCategory) ^

human_activities:belongsToHumanCategory(?user, ?humanCategory) ^

Service(?service) ^ orientedTo(?service, ?humanCategory) ^ canBeUsedAt(?service,

?time) ^ canBeUsedBy(?service, ?humanCategory) ^ isNearOf(?service, ?user) ^

isRecommendableFor(?service, ?user) → offerTo(?service, ?user)

- Información temporal: usando el módulo ontológico para el modelado de entidades temporales, es posible definir reglas de inferencia que operen sobre factores relacionados a intervalos de tiempo, épocas del año, zonas horarias, duración de actividades, horarios y calendarios, por ejemplo. Ejemplo: “Se obtienen servicios considerando si estos pueden ser usados en el momento y lugar por el tipo de usuario que llega a la organización”.

→ **arrivedTo(?user, ?place)**

→ **arrivedAt(?user, ?time)**

human_activities:KnowledgeDomain(?knowledgeField) ^ is_interested_in(?user,

?knowledgeField) ^ hasAssociated KnowledgeDomain(?service, ?knowledgeField) ^

Service(?service) → isRecommendableFor(?service, ?user)

arrivedAt(?user, ?time) ^ isNearOf(?service, ?user) ^ hasHours(?service, ?time) ^

isRecommendableFor(?service, ?user) → offerTo(?service, ?user)

Este sistema puede ser modificado para añadir o eliminar reglas de inferencia de acuerdo a las necesidades del SRSSC en que se reutilice.

Módulo de localización

Para la creación de la arquitectura del sistema de recomendación, una de las condiciones contextuales consideradas es la localización de elementos a recomendar (ítems). Al hacer uso de ella, es posible mostrar al usuario la ubicación física de los elementos que se le recomiendan en relación con su posición actual, ya sea mediante un mapa SVG o realidad aumentada. El módulo de localización se ocupa de detectar la llegada de un usuario a las instalaciones de una organización, y además, realiza el monitoreo constante de la posición de los usuarios y de los ítems recomendables, para lo cual se pueden combinar tecnologías RFID, WiFi, Bluetooth y QRCode, las cuales resultan útiles en interiores en contraposición al GPS o AGPS, que resultan más eficientes en exteriores. El módulo de localización hace uso de las distintas tecnologías de acuerdo a la situación.

Por ejemplo, para ubicar la posición del usuario o de los ítems a recomendar en unidades, que llamamos celdas, el módulo usa la infraestructura de comunicación vía WiFi y Bluetooth. Para ello se hace un mapeado previo de los edificios y se crea cada una de estas celdas indicando la intensidad de señal de los puntos de acceso a cercanos, como se muestra en la Figura 3. La tecnología RFID se utiliza mediante la implementación de portales de acceso colocados en las entradas principales del edificio. Estos portales detectan la entrada/salida tanto de ítems como de personas, de tal forma que se puede conocer si un elemento se encuentra en la ubicación que le corresponde, ¿en qué momento salió? y la ruta que siguió hasta el último punto donde se ubicó.

Los QRCode se utilizan mediante la implementación de carteles inteligentes. En

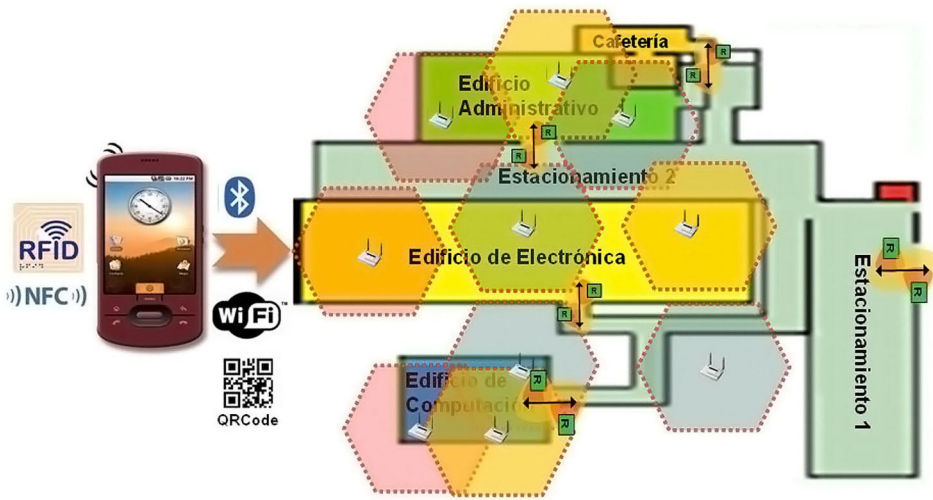


Figura 3. Tecnologías utilizadas por el módulo de localización.

la situación que las tecnologías anteriores fallen, es posible ubicar al usuario dentro del edificio mediante la lectura de carteles inteligentes colocados dentro del edificio. El Módulo de Localización actualiza la información contenida en los mapas SVG contenidos en el RP-SVG, de tal forma que cuando un usuario los consulte mediante el cliente del sistema, pueda acceder a una representación visual de la ubicación de las recomendaciones recibidas, mostradas por medio de mapas tipo croquis de las instalaciones. La Figura 4 muestra un ejemplo de estos mapas.

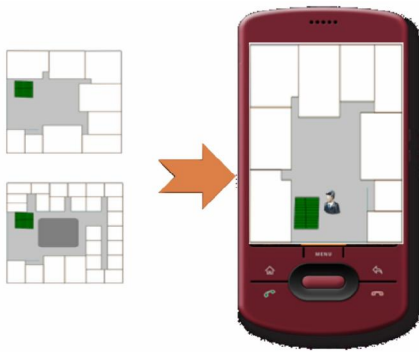


Figura 4. Localización mediante Mapas SVG

Módulo de Inferencia

La función del Módulo de Inferencia es aplicar la lógica de razonamiento que se formaliza en la BCO sobre el contenido de la BHO con el objetivo de identificar los elementos organizacionales que puedan resultar de interés a un usuario específico. Formalmente, esto puede entenderse como que dado un conjunto I formado por los n ítems o elementos organizacionales instanciados en la BHO, así como un

conjunto U formado por los m usuarios registrados en el SRSSC, el Módulo de Inferencia tiene el propósito de identificar un subconjunto de I (1), llamado I_{ua} (3), formado por los n ítems que podrían ser del agrado del usuario activo ua (el usuario al que se le ofrecerán las recomendaciones), tal que:

$$I = \{i_1; i_2; \dots; n\} \quad (1)$$

$$U = \{u_1; u_2; \dots; m\} \quad (2)$$

$$I_{ua} \subseteq I \quad (3)$$

Considerando que los usuarios son personas que visitan la organización, en nuestra propuesta, el proceso de inferencia debe ser iniciado tras la detección de la

llegada de un visitante a alguna instalación, por lo que el Módulo de Inferencia recibe como entradas el identificador de un usuario y la ubicación del mismo para comenzar su proceso. Tomando en cuenta que por lo regular operar sobre ontologías consume una gran cantidad de recursos, proponemos que el funcionamiento del Módulo de Inferencia se divida en dos etapas: 1) Pre-filtrado de ítems: en esta etapa se ejecutan las reglas de inferencia que asocian usuarios e ítems en base a sus características, y 2) Generación de recomendaciones: en esta etapa se ejecutan las reglas de inferencia que filtran los ítems recomendables en base a las condiciones contextuales.

GUI Adaptable

Este módulo sigue la tendencia de utilizar de distintas fuentes de información para ofrecer una interfaz adaptable en los clientes de un SRSSC (Cadenas, 2009), las cuales son adaptadas en base a las características de los usuarios y de los dispositivos en que se utilice el sistema. El enfoque presentado se centra en la interacción humano-máquina y se resume en la correlación entre características de presentación y funcionalidad con los tipos de usuarios, según lo cual, se diseñan variadas interfaces gráficas con variaciones en relación al contenido, la disponibilidad de las distintas funciones existentes en el sistema o cuestiones de diseño. Una vez que se tienen las distintas interfaces



Figura 5. Personalización de la GUI con base en el perfil de usuario

gráficas, el sistema mostrará la más indicada para un usuario de acuerdo a sus características. El sistema de prueba Find-It! considera tres tipos distintos de usuario: estudiantes, empresarios y profesores. De acuerdo a las características de cada uno, la interfaz se adecua mostrando opciones específicas para cada usuario, como se muestra en la Figura 5. Por ejemplo, un empresario podría estar interesado en proyectos que se desarrollan dentro de la institución con la idea de implementarlos en la industria o brindar financiamiento para su comercialización mientras que un estudiante puede estar interesado en los eventos próximos de ingreso a las instituciones. De esta forma, las categorías que se mostrarían en la interfaz serían diferentes para cada usuario.

Módulo de Identificación de Comportamiento de Usuario

Este módulo se encarga de identificar, analizar y gestionar el comportamiento de los usuarios y del propio SRSSC, a fin de tener una fuente de información correspondiente a las recomendaciones efectuadas previamente, la percepción de las mismas por parte de los usuarios y el contexto en que se infirieron. Estos historiales pueden ser explotados para identificar patrones de comportamiento y considerando el tipo de conocimiento manejado en los SRSSC, se propone mantener tres grupos de información de acuerdo a los enfoques seguidos en el desarrollo de SRSSC (Bouzeghoub, 2009) (Cadenas, 2009) (Sousa, 2009) (Rasanen, 2009) (Liiv, 2009): Historial del contexto, historial de recomendaciones, e historial de acciones. Una vez definidos los grupos de información, se podrán aplicar consultas sobre los datos referentes a las recomendaciones inferidas, la interacción de los usuarios con el sistema, las condiciones en que se infirieron y el comportamiento de los usuarios respecto a las recomendaciones.

El proyecto Find-It!

El SRSSC organizacional Find-It! fue desarrollado usando la arquitectura propuesta y actualmente responde a estudiantes, profesores externos y empresarios que visitan CENIDET ofreciéndoles recomendaciones sobre personas, objetos de conocimiento, lugares,

actividades, eventos, servicios y recursos tecnológicos (basados en competencias organizacionales) que resulten interesantes para ellos. Estas recomendaciones son obtenidas considerando las características del perfil del usuario y de las dimensiones contextuales especificadas en la OMO, además, son desplegadas en una GUI adaptable multimodal.

Para probar la funcionalidad del sistema, se realizaron una serie de pruebas bajo las siguientes condiciones:

- El conjunto de usuarios U estuvo formado por 32 usuarios con intereses relacionados con las tecnologías de la información y comunicaciones, de los cuales 15 de ellos eran Profesores, 10 Estudiantes y 7 Empresarios.
- El conjunto de ítems recomendables U estuvo definido por 153 ítems recomendables asociados a la organización CENIDET.
- Se realizaron 96 ejecuciones del Motor de Inferencia, correspondientes a tres visitas (escenarios) de cada usuario en fechas y horarios diferentes.

En total, se efectuó la recomendación de 42 de los 153 ítems, que representa un conjunto de ítems recomendados U global conformado por menos de un tercio de los elementos del conjunto U . La precisión que se obtuvo en estas pruebas fue de 0.9130, lo que indica que la mayoría de las recomendaciones ofrecidas pertenecían al conjunto de los ítems que se esperaba que el sistema recomendara. Además, para la métrica recuerdo se obtuvo un valor de 0.9545, dado que algunos ítems esperados no se recomendaron en ninguna ejecución. Finalmente, la medida F fue de 0.9332.

Resultados y discusión

El desarrollo del proyecto Find-It! a partir de nuestra arquitectura ayudó a demostrar que el Historial de Recomendación puede ser explotado para entender la forma en que las recomendaciones impactan sobre los usuarios, y además, el nivel de generalidad de la propuesta permitió que el Módulo de Inferencia se implementara fácilmente para soportar la recomendación de ítems heterogéneos. Finalmente y en lo que respecta a la GUI adaptable, con la creación del cliente móvil del Find-It! se

observó que al permitir que se personalice fácilmente la forma en que los usuarios visualizan las recomendaciones y el tipo de contenido al que tienen acceso, resulta útil considerarla en el desarrollo de futuros sistemas de recomendación. Por otro lado, se detectó la posibilidad de extender la arquitectura con un Módulo Colector del Contexto que monitoree de forma constante dimensiones contextuales implicadas en el proceso de inferencia, de manera que se agilice el procesamiento y mejoren las recomendaciones.

Conclusiones

En el presente trabajo se exponen los componentes de una arquitectura para SRSSC organizacionales, los cuales ya han sido implementados en el proyecto Find-It!. En nuestra propuesta, las dimensiones contextuales y los elementos organizacionales, son modelados en una red de ontologías, que nos ha permitido mantener una Base de Conocimientos que considera múltiples aspectos para la inferencia de recomendaciones. También se presentan diversas propuestas para el manejo de historiales de recomendación explotables en la identificación de patrones de comportamiento y para el desarrollo de interfaces adaptables a los usuarios. Como trabajos futuros, se plantea la inclusión de dos módulos adicionales a la arquitectura, un Colector de Contexto para la detección de cambios situacionales y un Módulo de Experiencia del Usuario para analizar la satisfacción del usuario con respecto a las recomendaciones recibidas.

Bibliografía

- Alejandres-Sánchez, H., González-Franco, N., & González-Serna, J. G. (2014). Arquitectura de una oficina de transferencia de tecnología y conocimiento virtual basada en ontologías. *Revista Tlamati Sabiduría*, 5 (3), 319-323.
- Ackerman, M. S., Pipek, V., & Wulf, V. (2007). Expert Recommender: designing for Network Organization. *Computer supported cooperative work*, 16, 431-465.
- Adrian, B., Hees, K., Van Elst, L., & Dengel, A. (2009). Document: using ontologies for extracting

- and annotating information from unstructured text. 32nd Annual German Conference on Artificial Intelligence, (págs. 249-256).
- Aimeur, E., Mani Onana, F. S., & Saleman, A. (2007). HELP: A Recommender System to Locate Expertise in Organizational Memories. IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, (págs. 866-874).
- Barrasa, J., Corcho, O., & Gómez-Pérez, A. (2004). R2O, an extensible and semantically based database-to-ontology mapping language. 2nd Workshop on Semantic Web and Databases, (págs. 1069-1070).
- Bouzeghoub, A., Do, K. N., & Krug, L. (2009). Situation-Aware Adaptive Recommendation to Assist Mobile Users in a Campus Environment. International Conference on Advanced Information Networking and Applications, (págs. 503-509).
- Cadenas, A., Ruiz, C., Larizgoitia, I., García-Castro, R., Lamsfus, C., Vázquez, I., y otros. (2009). Context management in mobile environments: a semantic approach. 1st Workshop on Context, Information and Ontologies.
- Cimiano, P., Handschuh, S., & Staab, S. (2004). Towards the self-annotating web. 13th International Conference on World Wide Web, (págs. 462-471).
- Costa, A., Guizzardi, R., Guizzardi, G., & Pereira, J. (2007). CORES: Context-aware, Ontology-based Recommender system for Service recommendation. Workshop on Ubiquitous Mobile Information and Collaboration Systems, 19th International Conference on Advanced Information Systems Engineering.
- Embley, D. W. (2004). Toward semantic understanding: an approach based on information extraction ontologies. 15th Australasian database conference, (págs. 3-12).
- Geyer, W., Dugan, C., Brownholtz, B., Masli, M., Daly, E., & Millen, D. R. (2011). An Open, Social Microcalendar for the Enterprise: Timely?. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, (págs. 247-256).
- Gipp, B., Beel, J., & Hentschel, C. (2009). Scienstein: A Research Paper Recommender System. International Conference on Emerging Trends in Computing, (págs. 309-315).
- González-Franco, N., Alejandres-Sánchez, H., & González-Serna, J. G. (2014). Multidimensional Ontology Network for Organizational Environments. 2nd Workshop on Semantic Web and Linked Open Data, Encuentro Nacional de Ciencias de la Computación.
- Krüger, R., Da Rosa, R., & Becker, C. (2005). TeamWorks: Managing and Retrieving the Knowledge of the Team. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, (págs. 1647-1651).
- Liiv, I., Tamm, T., Routsalo, T., & Kuusik, A. (2009). Personalized Context-Aware Recommendations in SMARTMUSEUM: Combining Semantics with Statistics. 3rd International Conference on Advances in Semantic Processing, (págs. 50-55).
- McDowell, L., & Cafarella, M. J. (2006). Ontology-driven information extraction with OntoSyphon. 5th International Semantic Web Conference, (págs. 428-444).
- Masli, M., Geyer, W., Dugan, C., & Brownholtz, B. (2011). The Design and usage of Tentative Events for Time-based Social Coordination in the Enterprise. International World Wide web Conference, (págs. 765-774).
- Rasanen, E., Kikta, R., Sorvari, A., Salmenkaita, J., Huhtala, Y., Mannila, H., y otros. (2009). Patente n° 20090228211A1. US.
- Reichling, T., & Wulf, V. (2007). Expert Recommender Systems in Practice: Evaluating Semi-automatic Profile Generation. 27th conference on human factors Profile Generation. 27th conference on human factors in computing Systems, (págs. 866-874).
- Reichling, T., Moss, B., & Wulf, V. Business Finder – A Tool for Regional Networking among Organizations. Federation for Information Processing, Knowledge management in action, 207 (2008).
- Sousa, J., Carrapatoso, E., Fonseca, B., Pimentel, M., & Neto, R. (2009). Composition of context aware mobile services using a semantic context model. International Journal on Advances in Software, 275-287.
- Villazón-Terrazas, B., Suárez-Figueroa, M., & Gómez-Pérez, A. (2010). A Pattern-Based Method for Re-engineering Non-Ontological Resources into Ontologies. International Journal on Semantic Web and Information Systems.
- Woerndl, W., & Hristov, A. (2009). Recommending Resources in Mobile Personal Information Management. 3rd International Conference on Digital Object Identifier, (págs. 149-154).
- Zubizarreta, A., De la Fuente, P., Cantera, J., Arias, M., Cabrero, J., García, G., y otros. (2009). Extracting geographic context from the web: Georeferencing in myMose. 31st European Conference on Information Retrieval, (págs. 554-561).

Recibido: 26 de noviembre de 2014.
Aprobado en su forma definitiva:
4 de febrero de 2015

Nimrod González Franco

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos, México.
Correo-e.: nimrod@cenidet.edu.mx

Hugo Omar Alejandres Sánchez

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos, México.
Correo-e.: alejandres@cenidet.edu.mx

Juan Gabriel González Serna

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos, México.
Correo-e.: gabriel@cenidet.edu.mx
